

## Self-regulating propellor (airscrew)

**Patent number:** DE4316712  
**Publication date:** 1994-11-24  
**Inventor:** FISCHER THOMAS (DE)  
**Applicant:** FISCHER THOMAS (DE)  
**Classification:**  
- **International:** B64C11/26; F03D1/06  
- **european:** B64C11/30; F03D1/06C2; F03D7/02D  
**Application number:** DE19934316712 19930519  
**Priority number(s):** DE19934316712 19930519

[Report a data error here](#)

### Abstract of DE4316712

In the case of the variable-pitch, self-regulating propellers according to the invention, a torsionally soft, tensionally stiff zone is arranged at the blade root such that a different thrust force produces a change in the profile incidence angle. This zone must be torsionally soft, tensionally stiff and have vibration-damping properties, which is achieved by means of fibre-composite material with an appropriate material selection and fibre arrangement.

---

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



(19) BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

(12) **Offenlegungsschrift**  
(10) **DE 43 16 712 A 1**

(51) Int. Cl. 5:  
**B64 C 11/26**  
F 03 D 1/06

(71) Anmelder:  
Fischer, Thomas, 84032 Altdorf, DE

(72) Erfinder:  
gleich Anmelder

(54) **Selbstregelnde Luftschaube**

(57) Bei erfindungsgemäßen steigung-selbstregelnden Luftschauben befindet sich am Blattfuß eine torsionsweiche zugsteife Zone so angeordnet, daß unterschiedliche Schubkraft eine Änderung des Profil-Einstellwinkels bewirkt. Diese Zone muß torsionsweich, zugstef und schwungsdämpfend sein, was durch Faserverbundwerkstoff mit entsprechender Materialwahl und Faseranordnung erreicht wird.

DE 43 16 712 A 1

DE 43 16 712 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Luftschaube gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Eine in der Steigung veränderbare Luftschaube in der bekannten Ausführungsform, wobei die Luftschaubenblätter mit dem Blattfuß in der Luftschaubennabedrehbar gelagert sind und über z.B. mechanische, hydraulische oder elektrische Antriebe in der Steigung verstellt werden können, ermöglicht es gegenüber starren Luftschauben trotz unterschiedlicher Strömungsbedingungen bei z.B. Start und Reiseflug, die Motorleistung immer voll auszunutzen und die Drehzahl konstant zu halten. Zu hohe Drehzahlen können vermieden werden, was den Lärmpegel senkt.

Diese Vorteile werden dadurch erkauft, daß solch eine Verstellluftschaube gegenüber Starrluftschauben aufwendiger, teurer, schwerer und wartungsbedürftiger ist. Außerdem muß sie für den jeweiligen Betriebszustand richtig eingestellt werden, was zu Bedienungsfehlern (falsche Steigung) führen kann.

Bei einer weiteren bekannten Ausführungsform einer Luftschaube, deren Blätter keine verdrehbar gelagerten Fußzapfen haben, wobei aber durch die Sichelform der Blätter über die Schubkraft eine elastische Verdrehung und somit eine Anpassung der Steigung an den jeweiligen Betriebszustand erreicht werden soll, bereitet die Festigkeits- und Steifigkeits-Auslegung enorme Probleme, da Luftkräfte und Fliehkräfte infolge der geschwungenen Form zu kompliziert überlagerten Biege- und Torsionsspannungen in der Blattstruktur führen.

Ein normales gerade verlaufendes Luftschaubenblatt läßt sich dagegen leicht berechnen, da die Struktur exakt in Richtung der Fliehkraft verläuft.

Außerdem gibt es einen prinzipbedingten Nachteil der Sichelform: Das Blatt kann sich nur dort verdrehen, wo es torsionsweich ist, also nur im Bereich der dünnen Blattspitze. Weiter innen zur Nabe hin hat es einen steifen Querschnitt und verdreht sich kaum noch. Die Wirkung der automatischen Steigungsregelung ist also gering.

Dieser Nachteil wird bei einem bekannten Prinzip (nach Patent Nr. 498862 Reichspatent und Nr. 1202649 Dt. Patentamt) vermieden: In der Nähe des Blattfußes ist eine schräge Klappachse angebracht, die es ermöglicht, daß sich bei dem Luftschaubenblatt immer die Gleichgewichtslage aus Schubkraft und Fliehkraft einstellt, wobei hierdurch infolge der Schräglage der Klappachse gleichzeitig auch die Steigung im richtigen Sinne verändert wird, die Drehzahl bleibt bei allen Fluggeschwindigkeiten konstant, der Motor kann immer im optimalen Bereich betrieben werden. Die Struktur des gerade verlaufenden Luftschaubenblatts läßt sich leicht auslegen und berechnen.

Bei einer Luftschaube ergibt sich im Stand oder bei langsamer Fluggeschwindigkeit als Resultierende aus Fluggeschwindigkeit und Umfangsgeschwindigkeit ein großer Anstellwinkel des Profils, der Schub ist dementsprechend groß.

Bei hoher Fluggeschwindigkeit und ähnlicher Umfangsgeschwindigkeit wird der Profil-Anstellwinkel kleiner, der Schub ebenfalls. Der Schub am Luftschaubenblatt ist also eine ideale Größe, die bei unterschiedlichen Betriebszuständen zur Regelung der Luftschaube herangezogen werden kann.

Infolge der schräggestellten Klappachse bewirkt großer Schub eine kleine Steigung (=Langsamflug), kleiner Schub dagegen eine große Steigung (=Schnellflug). Die

Klappachse ist entweder als Scharnier mit Ösen und Zapfen oder aber als elastics Metallblech ausgeführt. Solch eine Luftschaube erfüllt geometrisch die Anforderungen an eine steigung-selbstregelnde Luftschaube.

In der Praxis haben sich Luftschauben mit schräggestellter Klappachse aber nicht durchgesetzt. Die Hauptursache dafür ist das mangelhafte Dämpfungsverhalten einer solchen Konstruktion. Zwar stellt sich das Blatt letztendlich immer in den Gleichgewichtszustand aus Schubkraft und Fliehkraft ein, bei jeder Veränderung von Drehzahl oder Fluggeschwindigkeit jedoch, auch bei Böen, pendelt es erst einmal infolge Massenträgheit. Es kommt zu nicht beherrschbaren Schwingungen oder gar Flattererscheinungen. Hydraulische oder andere zusätzliche Dämpfer, die man zur Dämpfung der Luftschaube anbrachte, führten wieder zu solch hoher Komplexität der Luftschaube, daß sie gegenüber den am Markt befindlichen Verstellluftschauben gewichts- und kostenmäßig keine Vorteile mehr aufweisen konnte.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, bei einer Luftschaube die gewünschte selbständige Anpassung der Steigung an den jeweiligen Betriebszustand zu erreichen, ohne daß man mit aufwendigen schweren Dämpfern das System vor Schwingungen bewahren muß.

Diese Aufgabe ist gemäß den Kennzeichen des Patentanspruchs 1 gelöst.

Demnach erschöpft sich die Erfindung weder in einer mechanisch aufwendigen drehbaren Zapfenlagerung der Luftschaubenblätter, die durch Verstellen auf den jeweiligen Betriebszustand eingestellt werden müssen, noch in einer Lösung mit sichelförmigen Blättern, die uneffektiv arbeitet, noch in einer Anordnung mit schräggestellter Klappachse am Blattfuß, wobei durch die erforderlichen zusätzlichen Schwingungsdämpfer wiederum Kosten entstehen und das Gewicht erhöht wird.

Vielmehr wird an einem gerade verlaufenden Luftschaubenblatt anstelle einer schräggestellten Klappachse eine torsionsweiche Zone am Blattfuß als geschichtetem Faserverbundwerkstoff vorgesehen, die gleichzeitig die Fliehkraft aufnimmt, als schrägstehende Klappachse fungiert und eine hohe innere Dämpfung besitzt, was durch spezielle Faserausrichtung, Faserwerkstoffe und einen Stillstand-Konuswinkel bewirkt wird.

Die Erfindung nutzt die Tatsache, daß man mit modernen Faserverbundwerkstoffen, also z.B. Epoxid- oder Polyesterharzen verstärkt mit Carbon-, Aramid- oder Glasfasern, elastische Strukturen herstellen kann, die außerdem hohe Dämpfungseigenschaften besitzen.

Auch werden moderne Luftschaubenblätter heute sowieso aus Faserverbundwerkstoffen hergestellt, so daß der vorhandene Strukturwerkstoff nur in einem bestimmten Bereich für die Aufgabe der Steigungs-Selbstregelung ausgelegt werden muß. Eine gewünschte torsionsweiche, aber zugsteife Zone im Bereich des Blattfußes kann also bei der Herstellung der Luftschaube in einem Arbeitsgang mit hergestellt werden.

Die mechanischen Eigenschaften eines Faserverbund-Laminats werden hauptsächlich beeinflußt durch Faserwerkstoff, Matrixwerkstoff, Faserrichtung und Faseranteil.

Unter den gängigen Verstärkungsfasern haben die Aramidfasern (Kevlar) ausgezeichnete Strukturdämpfungseigenschaften bei sehr hoher Zugfestigkeit. Bauenteile, die Schwingungen dämpfen oder Schall schlucken

=> Vorne  
Seite mit  
Dämpfer

sollen, wurden erfolgreich mit Aramidfasern verstärkt, wie z. B. Flugzeug-Fahrwerksschwingen oder Motoraufhängungsteile bzw. Getriebegehäuse im KFZ-Bereich.

Neben dem Fasermaterial kann auch die Faserrichtung und -anordnung eine Dämpfung begünstigen: Wenn nämlich die Fasern in einer Ebene gekreuzt verlaufen wie z. B. bei einem Leinwandgewebe, dann werden bei einer Belastung der Struktur die rechteckigen Harz-Zonen zwischen den Fasern zu Parallelogrammen verformt. Bei einer Zugbelastung z. B. werden die Harz-Zonen in Zugrichtung gelängt, quer dazu aber auf kürzere Länge gestaucht. Das Fasergitter wird wie eine Nürnberger Schere parallelogrammartig verformt, für die Umformung der anfänglich rechteckigen Gitterstruktur in eine parallelogrammförmige Gitterstruktur wird viel Energie benötigt. Diese hohe innere Reibungsarbeit bewirkt eine gute Strukturdämpfung.

Schaffung einer Struktur mit diskontinuierlichem Elastizitätsmodul durch Einlagern von Schichten mit unterschiedlicher Steifigkeit (z. B. anderer Faserwerkstoff) oder Eingeben spezieller Füllstoffe in das Matrixharz sind weitere mögliche Maßnahmen, um die innere Dämpfung eines Faserverbundbauteils zu erhöhen.

Ein Konuswinkel im Stillstand kann zusätzlich die Dämpfung erhöhen: Wenn z. B. bei einem Flugzeugpropeller sich die Blätter bei Stillstand nicht exakt in der gedachten Propellerkreisebene befinden, sondern die Blattspitzen etwas weiter hinten liegen wie bei einer Flügelpfeilung, dann biegen sich bei Betrieb des Propellers die Blätter infolge Fliehkraft und Schub nach vorn, in Richtung Propellerkreisebene, oder sogar darüber hinaus noch weiter nach vorn.

Bei einem Propeller mit Stillstand-Konuswinkel wird also der Verformung, die das Blatt von der Schnellflugstellung in die Langsamflugstellung nach vorn durchführt, noch eine zusätzliche Verformung überlagert, nämlich die Verformung von der Stillstandsstellung zur Schnellflugstellung. Durch einen Stillstand-Konuswinkel wird die Verformung in der torsionsweichen Zone größer und findet auf einem höheren Spannungsniveau statt, es entsteht infolge Hysterese höhere innere Reibungsarbeit, also auch eine bessere Dämpfung.

Bei einem erfindungsgemäßen Luftschaubenblatt wird die torsionsweiche, zugsteife Zone vorzugsweise aufgebaut aus einem zentralen Strang aus parallel verlaufenden Fasern in Blatt-Längsrichtung zur Aufnahme der Fliehkraft und darüber geschichtetem Laminat mit gekreuzten Aramidfasern zur Dämpfung. Der Luftschauben-Querschnitt ist im Bereich der Verstellzone so weit eingeschnürt (tailliert), daß eine Verformung durch die Schubkraft möglich ist. Je nach erforderlicher Dämpfung ist ein Stillstand-Konuswinkel vorgesehen.

Die Verwendung von elastischen Faserverbundwerkstoffen mit hoher innerer Dämpfung ermöglicht eine kostengünstige, leichte, dauerhafte und zuverlässige Bauweise einer steigungs-selbstregelnden Luftschaubrebe.

Bei Verwendung der selbstregelnden Luftschaubrebe als treibender Propeller, z. B. bei einem Flugzeug, kann durch die automatische Anpassung die Motorleistung bei allen Geschwindigkeiten voll ausgenutzt werden.

Außerdem lassen sich sehr hohe Drehzahlen vermeiden, die zu Schallgeschwindigkeit an den Blattspitzen führen und viel Lärm verursachen würden.

Bei Verwendung der selbstregelnden Luftschaubrebe z. B. in einer Windenergieanlage können durch die automatische Anpassung bei Sturm zu hohe Drehzahlen ver-

mieden werden, die zu Überlastung der Anlage führen könnten.

Anhand von Ausführungsbeispielen wird die Erfindung näher erläutert.

Dazu zeigt die Zeichnung in

Fig. 1 eine Luftschaubrebe mit Luftschaubenblatt (1) mit schräggestellter torsionsweicher Zone (2) und Blattfußbereich (3) zur Befestigung an einer Welle (4) gezeichnet als antreibender Propeller für z. B. ein Flugzeug,

Fig. 2 ein steigung-selbstregelndes Luftschaubenblatt (1) mit Konuswinkel im Stillstand, bei Stillstand mit dem Konuswinkel (A1) und dem Profileinstellwinkel (B1), bei Schnellflug mit dem Konuswinkel (A2) und dem Profileinstellwinkel (B2), und bei Langsamflug oder Start mit dem Konuswinkel (A3) und dem Profileinstellwinkel (B3),

Fig. 3 einen schematischen Lagenaufbau eines zugesetzten, torsionsweichen Faserverbund-Laminats mit hoher Dämpfung als Querschnitt für die torsionsweiche Zone.

In der Querschnittsmitte sind parallele Fasern (5) in Blattlängsrichtung angeordnet zur Fliehkraftaufnahme, in den äußeren Randbereichen sind Lamine mit gekreuzten Fasern (6) angeordnet, ein weicherer Aufbau als innen, der die Verstellung des Luftschaubenblattes ermöglicht und eine Dämpfung bewirkt.

#### Patentansprüche

1. Steigung-selbstregelnde Luftschaubrebe mit einem oder mehreren Blättern, dadurch gekennzeichnet, daß im nabennahen Bereich eines Luftschaubenblattes eine torsionsweiche, aber zugsteife Zone aus Faserverbundwerkstoff mit hoher Dämpfung ein Verdrehen des Blattes zur Steigungsänderung zuläßt.

2. Luftschaubrebe nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die torsionsweiche, aber zugsteife Zone wenig Bauhöhe hat und aus einem elastischen Faserverbund-Laminataufbau besteht, der zwischen dem profilierten, torsions- und biegesteifen Luftschaubenblatt und dem Bereich für die Befestigung des Blattes an der Luftschaubenwelle angeordnet ist.

3. Luftschaubrebe nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß sich die torsionsweiche, aber zugsteife Zone vorzugsweise in der Luftschauben-Kreisebene liegend als schmale Zone mit der Hauptrichtung nicht senkrecht zur Spannweitenrichtung des Blattes, sondern schräg dazu erstreckt.

4. Luftschaubrebe nach Anspruch 1—3, dadurch gekennzeichnet, daß die torsionsweiche Zone am Blattfuß wie ein elastisches Scharnier wirkt und durch seine Schräglagestellung bei Vorwärts- oder Rückwärts-Klappen des Blattes auch eine Veränderung der Steigung erwirkt wird.

5. Luftschaubrebe nach Anspruch 1—4, dadurch gekennzeichnet, daß in Anordnung eines treibenden Propellers (Anwendung z. B. bei einem Flugzeug) die Schräglagestellung der torsionsweichen Zone so ist, daß bei Klappung des Blattes nach vorn in Flugrichtung der Profileinstellwinkel verkleinert wird.

6. Luftschaubrebe nach Anspruch 1—4, dadurch gekennzeichnet, daß in Anordnung einer getriebenen Luftschaubrebe (Anwendung z. B. bei einer Windmühle) die Schräglagestellung der torsionsweichen Zo-

*Dies ist  
Kein  
'Sortiment'  
Lil beim  
AC-Rader!*

ne so ist, daß bei Klappung des Blattes in Windrichtung der Profileinstellwinkel verkleinert wird.

7. Luftschaube nach Anspruch 1—4, dadurch gekennzeichnet, daß das Faserverbund-Laminat in der dünnen, torsionsweichen Zone mehrschichtig ausgebildet ist und in mittleren Schichten eine Faseranordnung hauptsächlich in Radialrichtung zur Aufnahme der Fliehkraft, in den Randschichten eine Faseranordnung vorzugsweise gekreuzt vorzugsweise aus Aramid zwecks hoher Dämpfung bei elastischer Verformung aufweist.

8. Luftschaube nach Anspruch 1—4, 7, dadurch gekennzeichnet, daß ein Luftschaubenblatt bei Stillstand in Flugrichtung gesehen nach vorn oder nach hinten schräg aus der gedachten ebenen Luftschauben-Kreisfläche herausragt, durch solch einen Konuswinkel also auf einer Konusfläche läuft und bei Drehbewegung infolge der Fliehkraft aus dieser Konuswinkel-Stellung in Richtung Kreisflächenebene gebogen wird.

20

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

25

30

35

40

45

50

55

60

65

**- Leerseite -**

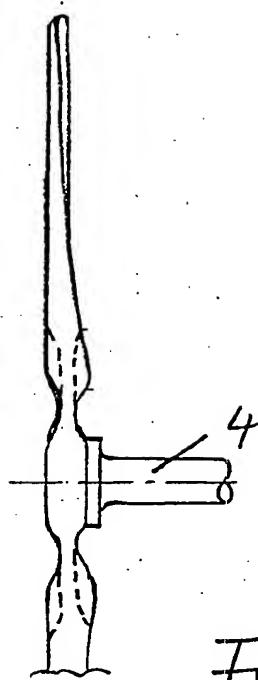


Fig. 1

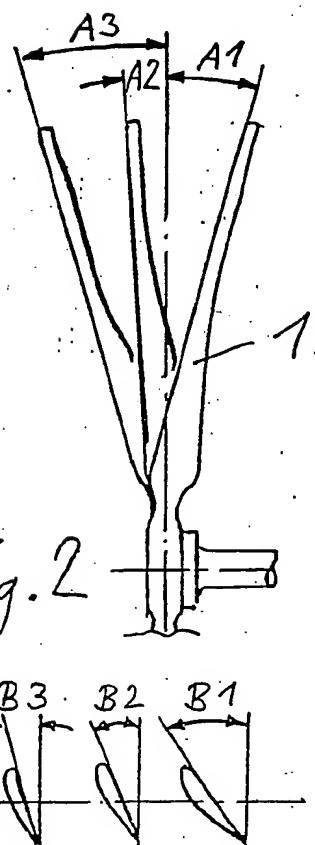
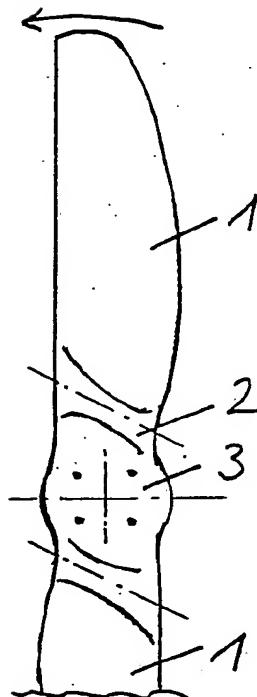


Fig. 2

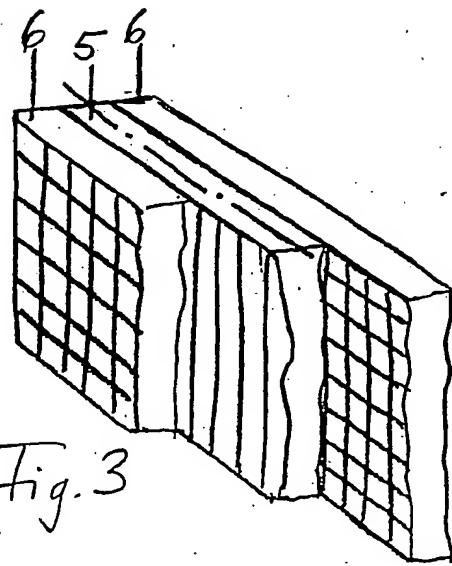


Fig. 3